

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 37 37 820 C 2

51 Int. Cl. 5:
F 02 B 33/44
F 02 B 23/00
F 02 D 45/00
F 01 L 7/02

21 Aktenzeichen: P 37 37 820.1-13
22 Anmeldetag: 6. 11. 87
43 Offenlegungstag: 10. 8. 89
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 9. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Schatz, Oskar, Dr.-Ing., 82131 Gauting, DE

74 Vertreter:
Hauck, H., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., 80336
München; Graalfs, E., Dipl.-Ing., 20354 Hamburg;
Wehnert, W., Dipl.-Ing., 80336 München; Döring, W.,
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing., 40474 Düsseldorf;
Siemons, N., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte, 20354
Hamburg

72 Erfinder:
gleich Patentinhaber

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 33 18 094 A1
DE 33 00 700 A1
JP 62-2 43 925 A
US-Fachschrift, SAE-Paper Nr. 851523, »A New Type
of Miller Supercharging System for High Speed
Engines Part 2«;

54 Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors und Verbrennungsmotor zur Durchführung des Verfahrens

DE 37 37 820 C 2

DE 37 37 820 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart, insbesondere eines Hubkolbenmotors, bei dem jeder Verbrennungsraum über mindestens ein in Abhängigkeit von der Kolbenbewegung gesteuertes Einlaßventil mit einem Einlaßkanal verbunden ist, mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden, in einen Speicherraum fördernden Lader und einem zwischen dem Speicherraum und jedem Einlaßkanal angeordneten Luftsteuerventil, das sich mit der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume öffnet und schließt, wobei das Luftsteuerventil vor dem zugeordneten Einlaßventil schließbar ist, sowie einen Verbrennungsmotor zur Durchführung des Verfahrens.

Ein derartiges Verfahren ist aus dem SAE-Paper Nr. 8 51 523 "A NEW TYPE OF MILLER SUPER CHARGING SYSTEM FOR HIGH SPEED ENGINES" bekannt, wo eine Betriebsweise für aufgeladene Verbrennungsmotoren beschrieben wird, bei der die Zufuhr der verdichteten Ladeluft entweder während der gesamten Öffnungsdauer des zugeordneten Motoreinlaßventils erfolgt oder durch Phasenverschiebung der Öffnungszeiten eines zusätzlichen, in den Einlaßkanal einbezogenen Luftsteuerventils gegenüber dem Motoreinlaßventil bereits vor dem Schließen des Motoreinlaßventils unterbrochen wird. Diese gegenüber der herkömmlichen Aufladung während der gesamten Öffnungsdauer des Motoreinlaßventils zeitlich vorverlegte Zufuhr der verdichteten Ladung wird nachfolgend kurz als Vorladung bezeichnet. Diese Betriebsweise dient nach der genannten Veröffentlichung dem Zweck, das bekannte Miller-Verfahren, bei welchem durch vorzeitigen Schluß des Einlaßventils eine Expansionskühlung der in den Zylinder verbrachten Ladung bewirkt wird, variabel zu gestalten.

Die Aufladung von Motoren führt zwar zu einer Leistungssteigerung, es entstehen andererseits aber auch Probleme wegen der höheren Beanspruchung des Motors und wegen Rußbildung beim Dieselmotor und Klingeln beim Ottomotor. Beim Einsatz der heute überwiegend angewandten Abgasturbolader ergeben sich außerdem Probleme im Bereich niedriger Drehzahlen, weil das Drehmoment zu niedrig ist und der Motor nur mit deutlicher Verzögerung auf Laständerungen anspricht. Versucht man diesen Mangel durch Lader zu ersetzen, die ihren optimalen Betriebspunkt bei niedrigen Drehzahlen erreichen, steht bei höheren Drehzahlen ein Überangebot an Laderenergie zur Verfügung, die in Form von aufgestauten Abgasen oder überschüssiger Ladeluft ins Freie entlassen wird.

Es ist deshalb ein Entwicklungsziel bei Verbrennungsmotoren und die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Leistungsverbesserung zu erreichen, wobei eine solche Verbesserung sich zugleich dazu eignen sollte, bei mit Abgasturboladern ausgestatteten Motoren das Drehmoment im niedrigen Drehzahlbereich zu verbessern, sowie die Gefahr des Klingelns bei Ottomotoren, der Rußbildung bei Dieselmotoren und die Motorbeanspruchung zu reduzieren.

Zur Lösung dieser Aufgabe geht die Erfindung von einem Verfahren der eingangs genannten Art aus, wobei die Lösung der Erfindung aus den Merkmalen des Anspruchs 1 besteht.

Auf diese Weise wird die Möglichkeit geschaffen, die verdichtete Ladeluft zum Austreiben des Restgases aus dem Motorzylinder einzusetzen, wobei eine entspre-

chende Ventilüberschneidung vorgesehen werden kann. Zugleich wird aufgrund der anschließenden Expansion der verdichteten Luft auf den Atmosphärendruck eine Temperaturabsenkung erreicht, die sich als Bauteil- und Ladungskühlung vorteilhaft auswirkt. Außerdem erhöht sich der Frischluftanteil. Schließlich wird durch das Nachsaugen unverdichteter Frischluft nach dem Schließen des Luftsteuerventils ein Ladungsenddruck in Höhe des atmosphärischen Drucks erreicht.

Mit der bekannten Vorladung ohne Nachsaugen von Frischluft ist es praktisch unmöglich, einen vorgegebenen Ladungsenddruck zu erreichen, weil der Zeitpunkt des Vorladungsendes genau auf den augenblicklich vorhandenen Druck der verdichteten Ladung abgestimmt werden müßte. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird beim Unterschreiten des atmosphärischen Drucks automatisch Frischluft in den Zylinder nachgesaugt, so daß jederzeit unabhängig von etwaigen Verlusten durch den Spülvorgang und von Veränderungen des Druckes der verdichteten Ladung gewährleistet ist, daß der Ladungsenddruck dem Atmosphärendruck entspricht.

Es wird also eine Leistungssteigerung durch die Restgasspülung, durch die Temperaturabsenkung und durch die Aufrechterhaltung des Ladungsenddruckes in Höhe des Atmosphärendruckes erreicht. Zugleich kann durch die Nutzung überschüssiger Abgasenergie ein zusätzlicher Vorteil erreicht werden.

Wird ausschließlich ein Betrieb ohne Aufladung gewünscht, kann ein relativ kleiner, nur als Spülgebläse dienender Lader eingesetzt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das Ladeverfahren an die jeweilige Betriebssituation anzupassen und durch Verschiebung des Schließzeitpunkts des Luftsteuerventils in Richtung auf den Einlaßschluß des Motoreinlaßventils eine Erhöhung des Ladungsenddruckes herbeizuführen. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung besteht hierzu darin, daß die Phasenlage der Öffnungsmitte des Luftsteuerventils in Abhängigkeit von der gewünschten Motorbetriebsweise von Phasengleichheit mit der Öffnungsmitte des sich jeweils öffnenden, zugeordneten Einlaßventils vor dessen Öffnungsmitte verschiebbar ist. Um den Motor gegebenenfalls auch mit Aufladung betreiben zu können, wird nach einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils veränderbar gemacht, wobei sie im Grenzfall maximal etwa der Öffnungsdauer des Einlaßventils bzw. der Einlaßventile eines jeden Verbrennungsraums entspricht.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils mit zunehmender Phasenabweichung zwischen Luftsteuerventil und Einlaßventil verkürzt werden, um die Konzentration des Luftangebots aus dem Speicherraum auf den Einlaßbeginn zu fördern.

Zur Durchführung des Verfahrens dient ein Verbrennungsmotor der Kolbenbauart gemäß Anspruch 5.

Vorzugsweise besteht die Einrichtung zur Änderung der Phasenlage aus einem Rechner, dessen Eingänge mit einem Programmspeicher und Sensoren zur Ermittlung von Betriebskennwerten des Motors und/oder mindestens einem Steuerorgan zur Eingabe von Steuerbefehlen und dessen Ausgang mit einer Stellvorrichtung für das Luftsteuerventil verbunden ist, wobei der Programmspeicher nach einer besonders zweckmäßigen Ausführungsform auswählbare Programme enthält. Hierdurch wird es möglich, daß der Rechner entsprechend dem durch die Programmwahl vorbestimmten Optimierungsziel und unter Berücksichtigung des durch

die Sensoren ermittelten, augenblicklichen Betriebszustands des Motors das Ladeverfahren ausgewählt, das unter Berücksichtigung des über das Steuerorgan, z.B. das Fahrpedal eines Kraftfahrzeugs, eingegebenen, augenblicklichen Steuerbefehls diesem Optimierungsziel am besten entspricht.

Vorzugsweise sind die Sensoren am Verbrennungsraum und/oder am Speicherraum angeordnet und geeignet, den Motorbetriebszustand bzw. Druck und Temperatur im Speicherraum zu ermitteln.

Vorzugsweise sind die Einlaßseite des Laders und der ihn umgehende Kanal stromauf von dem diesen Kanal sperrenden Ventil miteinander verbunden.

Um einen möglichst gleitenden Übergang zwischen den verschiedenen Ladeverfahren zu ermöglichen, kann die Phasenlage von Einlaßventil und Luftsteuerventil stufenlos verstellbar sein.

Die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils ist vorzugsweise veränderbar, wobei sie im Grenzfall maximal der Öffnungsdauer des Einlaßventils entspricht, wie es für die herkömmliche Aufladung erforderlich ist.

Eine besonders einfache Ausführungsform besteht darin, daß der den Verdichterzweig umgehende Kanal ein Richtungsventil enthält, das nur eine Strömung in Richtung auf das Einlaßventil gestattet. Dadurch wird immer dann atmosphärische Luft in den Einlaßkanal gesaugt, wenn dort ein Unterdruck herrscht.

Es kann aber auch für den den Verdichterzweig umgehenden Kanal ein steuerbares Ventil vorgesehen sein, welches vorzugsweise in Abhängigkeit von der Stellung des Luftsteuerventils sperrbar ist.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist jedem Einlaßkanal ein die Verbindung zu dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal sperrendes Ventil zugeordnet, wobei zur Schadraumbegrenzung vorzugsweise das dem Einlaßkanal zugeordnete, die Verbindung zu dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal sperrende Ventil, das zugeordnete Luftsteuerventil und das Einlaßventil bzw. die Einlaßventile der zugeordneten Verbrennungsräume eng benachbart angeordnet sind.

Dabei kann nach einer weiteren zweckmäßigen Ausbildung der den Verdichterzweig umgehende Kanal ein gemeinsam mit dem Luftsteuerventil betätigbares Ventil enthalten, wobei beide Ventile auch zu einem Mehrwegeventil vereinigt sein können.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung besteht bei der Ausführungsform mit Richtungsventil darin, daß das Mehrwegeventil einen von einem Ventilgehäuse umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal versehenen Rotor umfaßt, wobei dem Verbindungskanal im Ventilgehäuse in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse für den Speicherraum und den Einlaßkanal zugeordnet sind.

Bei der Ausführungsform mit einem steuerbaren Ventil in dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal, das mit dem Luftsteuerventil zu einem Mehrwegeventil vereinigt ist, besteht eine vorteilhafte Ausgestaltung darin, daß das Mehrwegeventil einen von einem Ventilgehäuse umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal versehenen Rotor umfaßt, wobei dem Verbindungskanal im Ventilgehäuse in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse für den Speicherraum, den Einlaßkanal und

den den Verdichterzweig umgehenden Kanal zugeordnet sind.

Steuert das Luftsteuerventil nur den Eintritt der verdichteten Ladeluft in den Einlaßkanal, so kann durch eine verstellbare Schließkante des Anschlusses für den Speicherraum das Ladeende beeinflußt werden.

Bei den Ventilbauarten mit einem kontinuierlich umlaufenden Rotor besteht eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung darin, daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Kurbelwelle durch Verstellung des Rotors relativ zum Ventilgehäuse veränderbar ist.

Eine andere zweckmäßige Ausführungsform unter Verwendung eines Mehrwegeventils besteht darin, daß zwei als Rotationskörper ausgebildete und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbare Rotoren jeweils mit einem Verbindungskanal versehen und drehbar in einem Ventilgehäuse gelagert sind, wobei ein Verbindungskanal in seiner Öffnungsstellung Anschlüsse für den Speicherraum und den Einlaßkanal und der andere Verbindungskanal in seiner Öffnungsstellung einen Einlaß und einen Auslaß für den den Verdichterzweig umgehenden Kanal miteinander verbindet, daß die Phasenlage der Rotoren zueinander veränderbar ist und daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Motorkurbelwelle durch eine Verstellung der Rotoren relativ zum Ventilgehäuse veränderbar ist.

Vorzugsweise ist die Maximaldrehzahl des Rotors bzw. der Rotoren derart bemessen, daß auf zwei Takte des zugeordneten Motorzylinders bzw. der zugeordneten Motorzylinder jeweils eine Ventilöffnung entfällt.

Nach einer besonders zweckmäßigen Ausführungsform kann die Drehzahl des Rotors bzw. der Rotoren nach Wahl stufenweise halbiert werden, wodurch die Möglichkeit besteht, die Motorzylinder nicht bei jedem Arbeitsspiel zu laden, sondern die Ladung nur in dem Leistungsbedarf angepaßten Intervallen durchzuführen.

Bei einem Vierzylinder-Reihen-Viertaktmotor besteht eine besonders einfache Ausführungsform darin, daß drei Einlaßkanäle vorgesehen sind, von denen ein Einlaßkanal den beiden mittleren Zylindern gemeinsam zugeordnet ist. Durch eine derartige Ausführungsform kann ein Steuerventil und gegebenenfalls ein separates Richtungsventil eingespart werden, weil einerseits von einem den beiden mittleren Zylindern gemeinsam zugeordneten Ventil nur verhältnismäßig kurze Wege zu den beiden Zylindern zurückzulegen sind und andererseits die Saugphasen beider Zylinder nicht unmittelbar aufeinanderfolgen.

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung besteht bei einer Bauform mit Richtungsventil in dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal darin, daß die Luftsteuerventile zumindest einer Anzahl von Einlaßkanälen eines Motors einen gemeinsamen, rohrförmigen, in einem rohrförmigen Gehäuse drehbar gelagerten, in Abhängigkeit von der Kurbelwellendrehung antreibbaren Rotor besitzen, dessen Innenraum mit dem Speicherraum verbunden ist, daß am Gehäuse in axialer Richtung gegeneinander versetzt die Einlaßkanäle ausmünden, daß jedem Einlaßkanal am Rotor eine Ventilöffnung zugeordnet ist, wobei diese Ventilöffnungen entsprechend der Zündfolge in Umfangsrichtung versetzt sind, und daß die Phasenlage des Rotors relativ zur Kurbelwelle verstellbar ist. Bei dieser Ausführungsform, bei der vorzugsweise der Zutritt der verdichteten Ladeluft zu allen Einlaßkanälen eines Motors durch einen gemeinsamen Rotor gesteuert wird, steht der Innenraum des Rotors

ständig mit dem Speicherraum über nur einen einzigen Anschluß in Verbindung, wodurch sich eine besonders einfache Anordnung ergibt. Die vom Gehäuse in Richtung auf die Motorzylinder verlaufenden Einlaßkanäle sind jeweils gesondert mit dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal verbunden.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens können auch erreicht werden, wenn die Leitung für unverdichtete Ladung nicht in den vom Lader zum Verbrennungsraum führenden Luftenlaßkanal einmündet, sondern der verdichteten Ladeluft und der unverdichteten Ladeluft getrennte Einlaßkanäle mit Einlaßventilen am Verbrennungsraum, d.h. am Motorzylinder, zugeordnet sind. Dabei ist im Einlaßkanal für die verdichtete Ladung ein Lufttaktventil angeordnet, während im Einlaßkanal für die unverdichtete Ladung ein Ventil angeordnet ist, welches sich bei Überdruck auf der Seite des Verbrennungsraums schließt, so daß ein Entweichen der dem Verbrennungsraum über den anderen Einlaßkanal zugeführten, verdichteten Ladung verhindert wird. Wegen des bei getrennten Einlaßkanälen erforderlichen zusätzlichen Einlaßventils am Motorzylinder wird jedoch der beschriebenen Lösung mit einem gemeinsamen Einlaßkanal für unverdichtete und verdichtete Ladung der Vorzug gegeben.

Anhand der nun folgenden Beschreibung der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele der Erfindung wird diese näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäß ausgebildeten Verbrennungsmotors, von welchem nur ein Zylinder gezeigt ist,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer anderen Ausführungsform eines erfindungsgemäß ausgestatteten Verbrennungsmotors am Beispiel eines Vierzylindermotors,

Fig. 3 eine Fig. 2 ähnliche schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäß ausgestatteten Verbrennungsmotors am Beispiel eines Vierzylinder-Reihen-Motors,

Fig. 4 eine Ventilanordnung mit einem vom Luftsteuerventil getrennten Richtungsventil für die Zufuhr unverdichteter Ladung in schematischer Darstellung,

Fig. 5 eine der Fig. 4 ähnliche Darstellung einer Ausführungsform, bei der die Zufuhr verdichteter und unverdichteter Ladung durch ein gemeinsames Ventil gesteuert wird,

Fig. 6 eine Variante zu dem in Fig. 4 dargestellten Luftsteuerventil,

Fig. 7 eine Variante zu dem in Fig. 5 dargestellten Luftsteuerventil,

Fig. 8 eine schematische Darstellung zur Änderung der Phasenlage des in Fig. 5 gezeigten Luftsteuerventils gegenüber der Motorkurbelwelle,

Fig. 9 einen schematischen Axialschnitt durch eine andere Ausführungsform eines Luftsteuerventils,

Fig. 10 eine schematische Darstellung der Stellung des in Fig. 9 gezeigten Luftsteuerventils zum Zeitpunkt der Öffnung des Motoreinlaßventils und bei Vorladung,

Fig. 11 die Situation zum gleichen Zeitpunkt bei Aufladung,

Fig. 12 einen schematischen Axialschnitt durch eine weitere Ventilanordnung für einen Vierzylindermotor und

Fig. 13 einen Schnitt nach der Linie XIII-XIII in Fig. 12.

In Fig. 1 ist ein Zylinder 10 eines Viertakt-Verbren-

nungsmotors mit einem hin- und hergehend beweglichen Kolben 12 dargestellt. Der Zylinder 10 besitzt ein Einlaßventil 14 und ein Auslaßventil 16, an welches sich eine Abgasleitung 18 anschließt. Durch das Abgas ist ein Turbolader 20 antreibbar, welchem zu verdichtende Luft über ein Luftfilter 22 und eine Leitung 24 zugeführt wird. Die vom Turbolader 20 verdichtete Luft gelangt über eine Leitung 26 zu einem Speicher 28, der hier in Kombination mit einem Ladeluftkühler 30 dargestellt ist. Eine Leitung 32 führt vom Speicher 28 zu einem Luftsteuerventil 34, welches geeignet ist, den Zutritt der verdichteten Ladeluft aus dem Speicher 28 in den zum Einlaßventil 14 führenden Einlaßkanal 36 zu steuern. Der Einlaßkanal 36 ist über eine ein Richtungsventil 38 enthaltende Zweigleitung 40 direkt mit der vom Luftfilter 22 zum Lader 20 führenden Luftleitung 24 verbunden, wobei das Richtungsventil, beispielsweise eine Rückschlagklappe, derart angeordnet ist, daß eine den Turbolader 20 umgehende Strömung nur vom Luftfilter 22 zum Einlaßkanal 36 stattfinden kann. Damit auch Motorbetriebszustände berücksichtigt werden können, bei denen eine Zufuhr von Saugluft unzuweckmäßig ist, kann die Leitung 40 auch für die Dauer eines derartigen Betriebszustandes vollständig absperbar sein, wozu entweder ein separates Absperrventil vorgesehen werden oder das Richtungsventil 38 in Sperrstellung blockierbar sein kann.

Die Betätigung des Luftsteuerventils 34 erfolgt in Abhängigkeit von einem Rechner 42, dem ein Programmspeicher 44 zugeordnet ist, so daß die Möglichkeit besteht, den Rechner 42 mit einem ausgewählten Programm verschiedener, für die jeweiligen Betriebsbedingungen vorrätig gehaltener Programme zu betreiben. Der Rechner 42 verarbeitet dabei sowohl automatisch zugeführte Informationen über den Betriebszustand des Motors, als auch externe Steuerbefehle, wie sie beispielsweise bei einem Kraftfahrzeug durch die Stellung des Fahrpedals eingegeben werden können. In der schematischen Darstellung der Fig. 1 bezeichnet 46 ein derartiges Fahrpedal, welches über eine Verbindung 48 an den Rechner 42 angeschlossen ist. 50 bezeichnet einen Sensor am Motor, der über eine Verbindung 52 an den Rechner 42 angeschlossen ist. Der Rechner 42 kann auf diese Weise nicht nur mit Informationen über den Zustand im Bereich des Motorverbrennungsraums, sondern auch beispielsweise über Druck und Temperatur der gespeicherten Ladeluft informiert werden.

Der Rechner 42 kann benutzt werden, um die Motorbetriebsweise gemäß unterschiedlicher Optimierungsziele zu steuern und zwar je nach Auswahl des einen oder anderen Programms aus dem Programmspeicher 44. In Abhängigkeit von den dem Rechner 42 zugeführten Informationen wird der Rechner dabei die Steuerzeiten des Luftsteuerventils 34 so beeinflussen, daß das Angebot verdichteter Ladeluft entweder auf den Einlaßbeginn des Motorzylinders 10 konzentriert wird, was als Vorladung bezeichnet wird, oder daß die verdichtete Ladeluft während der gesamten Öffnungsdauer des Einlaßventils 14 des Motorzylinders 10 zugeführt wird, was der bekannten Aufladung entspricht. Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform wird dabei das Richtungsventil 38 durch den bei der Öffnung des Luftsteuerventils 34 im Einlaßkanal 36 herrschenden Überdruck geschlossen, so daß ein Entweichen der verdichteten Ladeluft verhindert wird. Andererseits wird unverdichtete Luft über das Richtungsventil 38 angesaugt, wenn der Motorkolben 12 bei geöffnetem Einlaßventil 14 seinen Saughub ausführt und das Luftsteuerventil 34 geschlos-

sen ist.

In Fig. 2 ist dargestellt, daß bei einem Vierzylinder-motor jedem der vier Zylinder 10a, 10b, 10c und 10d jeweils ein Luftsteuerventil 34a, 34b, 34c und 34d zugeordnet ist, wobei in diesem Fall die Luftsteuerventile 34a bis 34d als Dreiwegeventile ausgebildet sind, deren jedes zwei Einlässe besitzt, die einerseits mit der vom Turbolader 20 kommenden Leitung 32 für verdichtete Luft und andererseits über jeweils eine Zweigleitung 40a bis 40d mit der zum Lader 20 führenden Leitung 24 für unverdichtete Luft verbunden sind, und einen Auslaß, der jeweils mit einem, jeweils einem Zylinder zugeordneten Einlaßkanal 36a bis 36d verbunden ist.

In Fig. 2 wurde zur Vereinfachung der Darstellung der Speicher 28 mit dem Ladeluftkühler 30 zwischen dem Turbolader 20 und den Luftsteuerventilen 34a bis 34d nicht dargestellt.

Da bei der Zündfolge 1-3-4-2 eines Vierzylinder-Reihen-Motors die Arbeitsspiele der beiden mittleren Zylinder 2 und 3 nicht unmittelbar aufeinanderfolgen, kann ihnen ein gemeinsames Luftsteuerventil 34e zugeordnet werden, wie das in Fig. 3 gezeigt ist, zumal von diesem der Weg zu den beiden mittleren Zylindern über einen gemeinsamen Einlaßkanal 36e relativ kurz ist. Zweigleitungen 40a, 40e und 40d sind über Rückschlagklappen 38a, 38e und 38d verbunden. Ein entsprechender Anschluß der Zweigleitungen 40a bis 40e kann auch bei der Bauform nach Fig. 2 alternativ gewählt werden. Der Rotor 62 des Ventils 34c entspricht der in Fig. 7 gezeigten Bauform mit zwei Ausschnitten 64 und 65.

Die Ausführungsform nach Fig. 3 zeigt eine eng benachbarte Anordnung der Motoreinlaßventile zu den zugeordneten Luftsteuerventilen 34a, 34d und 34e, sowie Rückschlagklappen 38a, 38d und 38e, wodurch die den einzelnen Motorzylindern zugeordneten Schadräume auf ein Minimum reduziert werden können und sich die Genauigkeit verbessert, mit der der Ladungswechsel gesteuert werden kann.

Die in Fig. 1 gezeigte Bauform mit einem Richtungs-ventil 38 in einer unmittelbar in den Einlaßkanal 36 ausmündenden Zweigleitung 40 ist in Fig. 4 in einer etwas anderen Darstellung gezeigt, wobei die Funktion des Luftsteuerventils 34 näher erläutert werden soll. Zur Vereinfachung der Darstellung ist auch hier der Speicher 28 mit Ladeluftkühler 30 zwischen dem Lader 20 und dem Luftsteuerventil 34 weggelassen. Bei ausreichendem Leitungsvolumen könnte auch die Leitungsverbindung zwischen dem Lader 20 und dem Luftsteuerventil 34 als Speicherraum dienen.

Das in Fig. 4 gezeigte Luftsteuerventil 34 besitzt ein Ventilgehäuse 60, in welchem ein in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich angetriebener Rotor 62 umläuft. Dieser Rotor 62 ist als Rotationskörper ausgebildet und besitzt einen sektorähnlichen Ausschnitt 64, welcher bei geeigneter Winkelstellung des Rotors 62 eine Strömung zwischen dem Einlaßschlitz 66 und dem Auslaßschlitz 68 gestattet. Wie in Fig. 4 deutlich zu sehen ist, wird die Verbindung zwischen dem Einlaßschlitz 66 und dem Auslaßschlitz 68 aufrecht erhalten, während der Rotor 62 eine Drehung um etwa 90° durchführt. Wird der Rotor 62 mit der halben Drehzahl der Motorkurbelwelle angetrieben, so entsprechen diese 90° einer Kurbelwellendrehung von 180°. Bei entsprechender Phasenlage des Rotors 62 zur Motorkurbelwelle kann die Verbindung zwischen dem Einlaßkanal 36 und der vom Lader 20 verdichteten Luft während eines vollen Saughubs des Motorkolbens aufrecht erhalten werden, wie dies für die übliche Aufla-

derung erforderlich ist. Verändert man die Phasenlage des Rotors 62 gegenüber der Motorkurbelwelle gegenüber der der Aufladung zugeordneten Phasenlage in der Weise, daß der Rotor 62 der Kurbelwelle vorausläuft, beispielsweise so, daß die Öffnungsmitte des Luftsteuerventils 34 mit dem Öffnungsbeginn des Einlaßventils 14 zusammenfällt, so ergibt sich die sogenannte Vorladung, bei welcher das Luftangebot des Laders 20 auf den Einlaßbeginn des Einlaßventils 14 konzentriert wird. Das Luftsteuerventil unterbricht die Verbindung des Einlaßkanals 36 mit der vom Lader 20 verdichteten Ladeluft geraume Zeit vor dem Schließen des Einlaßventils 14, beispielsweise etwa in der Mitte des Saughubs des Kolbens 12. Bei der Konstruktion nach den Fig. 1 und 4 wird der dann im Einlaßkanal 36 auftretende Unterdruck das Richtungsventil 38 öffnen, so daß unverdichtete Luft über die Zweigleitung 40 in den Einlaßkanal 36 und durch das Einlaßventil 14 in den Motorzylinder 10 angesaugt wird, bis sich das Einlaßventil 14 schließt.

Die Fig. 5 zeigt eine Variante, bei welcher die Zweigleitung 40 nicht unmittelbar in den Einlaßkanal 36, sondern über einen Schlitz 70 an das Ventilgehäuse 60 angeschlossen ist und das Öffnen und Schließen der Zweigleitung 40 auf diese Weise durch den Rotor 62 gesteuert wird. Das Richtungsventil 38 in der Zweigleitung 40 entfällt bei dieser Konstruktion. Wie man aus Fig. 5 entnehmen kann, befindet sich die Öffnungsphase der Zweigleitung 40 gegenüber dem Einlaßkanal 36 jeweils unmittelbar nach der Öffnungsphase für die durch den Lader 20 verdichtete Ladeluft. Im Falle der Aufladung ist während der Öffnungsphase der Zweigleitung 40 das Einlaßventil 14 am Motor wieder geschlossen, so daß nur verdichtete Luft in den Zylinder 10 gelangt.

Die Fig. 6 zeigt eine Variante zu dem in Fig. 4 dargestellten Luftsteuerventil, welches nur die beiden Anschlüsse 66 und 68 für die verdichtete Ladeluft in Richtung auf den Einlaßkanal 36 aufweist. Innerhalb des Ventilgehäuses 60 befindet sich bei dieser Variante ein zum Ventilgehäuse 60 konzentrisch angeordneter Blendenring 100. Im Blendenring 100 ist dem Schlitz 66 im Gehäuse 60 ein Fenster 104 und dem Schlitz 68 ein Fenster 108 zugeordnet. Der Blendenring 100 kann durch ein Stellorgan 112 verstellt werden, das durch den Schlitz 114 im Ventilgehäuse 60 nach außen geführt ist.

Das Fenster 104 erstreckt sich über einen ausreichend großen Winkel, um in jeder Stellung des Blendenrings 100 den Öffnungsquerschnitt des Schlitzes 66 vollständig frei zu halten. Das dem Schlitz 68 zugeordnete Fenster 108 im Blendenring 100 ist so dimensioniert, daß die in Umlaufrichtung des Rotors 62 gelegene Begrenzung des Fensters 108 geeignet ist, bei Verstellung des Blendenrings 100 die Position der Schließkante 123 des Schlitzes 68 in Umfangsrichtung zu verändern. Es kann somit durch Verstellung des Blendenrings 100 die Öffnungsdauer im Bereich des Schlitzes 68 verkürzt oder verlängert werden, wobei in Fig. 6 die der Aufladung entsprechende Stellung des Blendenrings 100 gezeigt ist. Durch Verstellung des Blendenrings 100 entgegen der Umlaufrichtung des Rotors 62 wird eine frühere Schließung des Ventils 34 und damit eine Vorladung erreicht. Die Bewegung des Rotors 62 wird entweder durch direkten Antrieb von der Motorkurbelwelle oder durch Antrieb von der Motornockenwelle auf die Bewegung der Motorkurbelwelle abgestimmt.

Die Fig. 7 zeigt eine Variante zu dem in Fig. 5 dargestellten Luftsteuerventil 34, bei welchem im Unterschied zur Darstellung in Fig. 5 der Rotor 62 noch mit einem zweiten Ausschnitt 65 versehen ist. Sobald durch ent-

sprechende Drehung des Rotors 62 der Rotor die Verbindung zwischen dem Schlitz 66 und dem Schlitz 68 unterbrochen hat, gelangt der Ausschnitt 65 in den Bereich des Schlitzes 68 und verbindet diesen mit dem Schlitz 70. Lediglich bei einer der Vorladung entsprechenden Phasenlage des Rotors 62 gegenüber der Motorkurbelwelle ist zu diesem Zeitpunkt das Einlaßventil 14 des Motors noch geöffnet, so daß nun im Anschluß an die Einleitung verdichteter Ladeluft in den Zylinder 10 zu Beginn des Saughubs des Kolbens 12 noch unverdichtete Luft aus der Zweigleitung 40 angesaugt werden kann.

Die Fig. 8 zeigt lediglich beispielsweise, wie die Phasenlage der Öffnungsphasen des Luftsteuerventils 34 gegenüber der Kurbelwellenposition des Motors verändert werden kann. Bei der in Fig. 8 gezeigten Anordnung wird zu diesem Zweck ein beispielsweise hydraulisch in seiner Länge veränderbares Stellglied 94 benutzt, welches einerseits bei 96 an einem in Abhängigkeit von der Motorkurbelwelle angetriebenen, konzentrisch zum Rotor 62 gelagerten Hebel 90 angreift und andererseits am Rotor 62, so daß die Winkellage des Rotors 62 gegenüber dem Hebel 90 veränderbar ist. Grundsätzlich besteht aber auch die Möglichkeit, nicht den Rotor 62 zu verstellen, sondern das Ventilgehäuse 60 gegenüber dem Rotor 62.

Die Fig. 9 bis 11 zeigen eine weitere Variante des Luftsteuerventils 34. Bei dieser Bauform sind innerhalb des Ventilgehäuses 138 koaxial zueinander zwei Rotoren 130 und 132 angeordnet, wobei dem in Fig. 9 oberen Rotor 130 im Gehäuse 138 ein zum Speicher 28 führender Anschluß 66 und ein Zweig 68a eines zum Einlaßkanal 36 führenden Anschlusses 68 zugeordnet ist. Dem in Fig. 9 unteren Rotor 132 ist ein mit der Zweigleitung 40 in Verbindung stehender Anschluß 70 und ein weiterer Zweig 68b des zum Einlaßkanal 36 führenden Anschlusses 68 zugeordnet. Der Rotor 130 ist mit einem Verbindungskanal 134, der Rotor 132 mit einem Verbindungskanal 136 versehen. Zum besseren Verständnis sind in Fig. 9 die Anschlüsse 66 und 70 einerseits und der Anschluß 68 andererseits in einem Abstand von 180° dargestellt, während, wie die Fig. 10 und 11 zeigen, diese Anschlüsse tatsächlich um etwa 90° gegeneinander versetzt sind. Ebenfalls zur Vereinfachung der Darstellung sind in den Fig. 10 und 11 die beiden Rotoren 130 und 132 nicht in koaxialer Anordnung, sondern rein schematisch seitlich gegeneinander versetzt dargestellt.

Das Ventilgehäuse 138 wird von einer in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle antreibbaren Antriebswelle 140 durchquert, welche von einer dem Rotor 132 verbundenen Hohlwelle 142 umschlossen wird, auf der ihrerseits drehbeweglich eine mit dem Rotor 130 verbundene Hohlwelle 144 angeordnet ist.

In Fig. 9 sind sowohl die Antriebswelle 140 als auch die Hohlwellen 142 und 144 nach der oberen Seite aus dem Ventilgehäuse 138 herausgeführt und dort mit sich radial erstreckenden Hebeln 146, 148 und 150 versehen, wobei durch nicht dargestellte Verstellorgane sowohl der Hebel 148 als auch der Hebel 150 unabhängig voneinander gegenüber dem Hebel 146 verstellt werden können, um die Phasenlage der Rotoren 130 und 132 unabhängig voneinander zu verändern. Die Anordnung kann aber auch so getroffen sein, daß der Hebel 148 gegenüber dem Hebel 146 und der Hebel 150 gegenüber dem Hebel 148 verstellbar ist, wobei durch entsprechende Steuerung der zwischen den Hebeln angeordneten Stellorgane ebenfalls eine unabhängige Phasenverstellung der beiden Rotoren 130 und 132 ermög-

licht wird. Die Anordnung ist außerdem so getroffen, daß neben der voneinander unabhängigen Veränderung der Phasenlage der beiden Rotoren 130 und 132 gegenüber der Antriebswelle 140 auch eine gemeinsame Veränderung der Phasenlage beider Rotoren 130 und 132 gegenüber der Antriebswelle 140 möglich ist.

In Fig. 10 ist die Stellung der beiden Rotoren 130 und 132 zu Beginn des Motorsaughubs bei der sogenannten Vorladung dargestellt. Es ist angenommen, daß die Antriebswelle 140 mit der halben Kurbelwellendrehzahl umläuft. Der Verbindungskanal 134 erstreckt sich über einen Sektor von etwa 105°, so daß im Falle der sogenannten Aufladung dem Motorzylinder während des gesamten Saughubs verdichtete Ladeluft aus dem Speicher 28 zugeführt werden kann.

Bei Öffnung des Motoreinlaßventils 14 hat sich, wie Fig. 10 zeigt, die Öffnungskante des Verbindungskanals 134 bereits so weit über den Anschluß 68a hinausbewegt, daß die Verbindung zwischen dem Anschluß 66 und dem Anschlußzweig 68a nach einer weiteren Drehung der Antriebswelle 140 um etwa 50° unterbrochen wird, wenn der Motorkolben 12 etwas mehr als die Hälfte des Saughubs durchlaufen hat. Während über den Verbindungskanal 134 und den Einlaßkanal 36 verdichtete Ladeluft durch das Einlaßventil 14 und den Zylinder 10 strömen kann, ist die Verbindung zwischen dem Anschluß 70 und dem Anschlußzweig 68b geschlossen. Diese Verbindung wird bei der in Fig. 10 gezeigten Winkelstellung zwischen dem Rotor 130 und dem Rotor 132 geöffnet, sobald sich die Verbindung zwischen dem Anschluß 66 und dem Anschlußzweig 68a schließt, so daß im Anschluß an die Vorladung unverdichtete Ladeluft in den Motorzylinder 10 einströmen kann, bis sich das Einlaßventil 14 schließt.

In Fig. 11 nimmt die Antriebswelle 140 die gleiche Winkelstellung ein wie in Fig. 10, nachdem auch dort der Zeitpunkt festgehalten ist, in welchem sich das Einlaßventil 14 öffnet. Der Rotor 130 ist gegenüber der Antriebswelle 140 entgegen der Umlaufrichtung verstellt, so daß er soeben die Verbindung zwischen dem Anschluß 66 und dem Anschlußzweig 68a freigibt. Auch die Winkelstellung des Rotors 132 gegenüber dem Rotor 130 ist verändert, so daß die Verbindung zwischen dem Anschluß 70 und dem Anschlußzweig 68b unterbrochen bleibt, solange das Einlaßventil 14 geöffnet ist. Es findet also während des gesamten Saughubs des Kolbens 12 die Zufuhr verdichteter Ladeluft zur sogenannten Aufladung statt.

Beliebige Zwischenstellungen können jederzeit eingestellt werden.

Bei der in den Fig. 12 und 13 dargestellten Ausführungsform wird ohne einschränkende Absicht von der Situation bei einem Vierzylinder-Reihen-Motor ausgegangen, wobei jedem Motoreinlaßventil ein Einlaßkanal 36a, 36b, 36c und 36d zugeordnet ist. Der den Verdichterzweig 20, 28, 34 (Fig. 1) umgehende Kanal 40 ist jeweils über eine Rückschlagklappe 38 mit jedem der Einlaßkanäle 36a bis 36d verbunden. Jedem der Einlaßkanäle 36a bis 36d ist in der bereits beschriebenen Weise ein Luftsteuerventil 34a bis 34d zugeordnet, um entsprechend der Zündfolge und der gewählten Phasenlage der verdichteten Ladeluft aus dem Speicher 28 den Zutritt zu den einzelnen Motorzylindern zu ermöglichen. Bei der in den Fig. 12 und 13 gezeigten Ausführungsform sind diese Luftsteuerventile 34a bis 34d zu einer gemeinsamen Baugruppe mit einem gemeinsamen Rotor 62f zusammengefaßt, der rohrförmig ausgebildet ist und in einem gemeinsamen Gehäuse 60f drehbar gelagert ist.

Der Rotor 62f wird in Abhängigkeit von der Kurbelwellendrehung angetrieben, wobei jedoch durch hier nicht näher dargestellte Mittel seine Phasenlage gegenüber der Kurbelwelle veränderbar ist. Die einzelnen Einlaßkanäle 36a bis 36d sind in axialer Richtung gegeneinander versetzt an das Gehäuse 60f angeschlossen. In der entsprechenden axialen Position befinden sich im Rotor 62f den Einlaßkanälen 36a bis 36d zugeordnete Ventilöffnungen 64a bis 64d, die in Umfangsrichtung des Rotors 62f entsprechend der Zündfolge des Motorzylinder versetzt sind. Die Einrichtungen zum Antrieb des Rotors 62f und zu dessen Phasenverstellung, sowie die Verbindung des Innenraums 160 mit dem Speicherraum 28 können in beliebiger, für den Fachmann keine Schwierigkeit darstellenden Weise durchgeführt sein und sind deshalb hier nicht näher dargestellt.

Beim gezeigten Beispiel wird angenommen, daß der Rotor 62f mit der halben Kurbelwellendrehzahl angetrieben wird, so daß der Rotor 62f eine vollständige Drehung ausführen wird, während beispielsweise am Vierzylinder-Reihen-Motor die Zündfolge 1-3-4-2 einmal durchlaufen wird. In entsprechender Reihenfolge gelangen nacheinander die Ventilöffnungen 64a, 64c, 64d und 64b zur Deckung mit den Anschlüssen der Einlaßkanäle 36a, 36c, 36d und 36b.

Reduziert man die Drehzahl der Rotoren 62 oder 130 und 132 auf ein Viertel der Kurbelwellendrehzahl, so wird jeder Verbrennungsraum nur bei jedem zweiten Arbeitsspiel mit Ladeluft versorgt, so daß bei geringem Leistungsbedarf bei konstanter Motordrehzahl der einzelne Arbeitszyklus mit höherer Zylinderfüllung und damit bei günstigerem spezifischen Kraftstoffverbrauch abläuft. Bei weiterer Senkung des Leistungsbedarfs kann die Drehzahl der Rotoren erneut halbiert werden.

Zur Vereinfachung der Darstellung wurde in der vorangegangenen Beschreibung von verdichteter bzw. unverdichteter Ladeluft gesprochen. Es kann sich dabei — wie für den Fachmann ohne weiteres erkennbar ist — auch um mit Brennstoff vermischte Ladeluft handeln.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart, insbesondere eines Hubkolbenmotors, bei dem jeder Verbrennungsraum über mindestens ein in Abhängigkeit von der Kolbenbewegung gesteuertes Einlaßventil mit einem Einlaßkanal verbunden ist, mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden, in einen Speicherraum fördernden Lader und einem zwischen dem Speicherraum und jedem Einlaßkanal angeordneten Luftsteuerventil, das sich in Abhängigkeit von der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume öffnet und schließt, wobei das Luftsteuerventil vor dem zugeordneten Einlaßventil geschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Schließen des Luftsteuerventils bei geöffnetem Einlaßventil unverdichtete Ladung in den Verbrennungsraum gesaugt wird, sobald der Druck im Verbrennungsraum den Außendruck unterschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlage der Öffnungsmitte des Luftsteuerventils in Abhängigkeit von der gewünschten Motorbetriebsweise von Phasengleichheit mit der Öffnungsmitte des sich jeweils öffnenden, zugeordneten Einlaßventils vor dessen Öffnungsmitte verschiebbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils veränderbar ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils mit zunehmender Phasenabweichung zwischen Luftsteuerventil und Einlaßventil verkürzt wird.

5. Verbrennungsmotor der Kolbenbauart, insbesondere Hubkolbenmotor, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit mindestens einem Verbrennungsraum, der über mindestens ein Einlaßventil (14) mit einem Einlaßkanal (36) verbunden ist, mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden Lader (20), dessen Druckseite mit einem Speicherraum (28) verbunden ist, mit einem Luftsteuerventil (34) zwischen dem Speicherraum (28) und jedem Einlaßkanal (36), dessen Antrieb so ausgelegt ist, daß es in Abhängigkeit von der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume betätigt wird und daß es sich vor dem zugeordneten Einlaßventil schließt, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Verbrennungsraum nach dem Schließen des Luftsteuerventils über einen den Lader (20), den Speicherraum (28) und das Luftsteuerventil (34) umfassenden Verdichterzweig umgehenden, durch ein Ventil (38) absperrbaren Kanal (40) mit unverdichteter Ladung versorgbar ist.

6. Verbrennungsmotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Einlaßkanal (36) mit dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal (40) verbunden ist.

7. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 oder 6, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Änderung der Phasenlage von Einlaßventil (14) und Luftsteuerventil (34) durch Verlagerung der Öffnungsmitte des Luftsteuerventils (34) von Phasengleichheit mit der Öffnungsmitte des sich jeweils öffnenden, zugeordneten Einlaßventils (14) vor dessen Öffnungsmitte.

8. Verbrennungsmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Änderung der Phasenlage aus einem Rechner (42) besteht, dessen Eingänge (48, 52, 56) mit einem Programmspeicher (44) und Sensoren (50, 54) zur Ermittlung von Betriebskennwerten des Motors und/oder mindestens einem Steuerorgan zur Eingabe von Steuerbefehlen und dessen Ausgang (58) mit einer Stellvorrichtung für das Luftsteuerventil (34) verbunden ist.

9. Verbrennungsmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Programmspeicher auswählbare Programme enthält.

10. Verbrennungsmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (50, 54) am Verbrennungsraum und/oder am Speicherraum (28) angeordnet und geeignet sind, den Motorbetriebszustand bzw. Druck und Temperatur im Speicherraum (28) zu ermitteln.

11. Verbrennungsmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerorgan ein Fahrpedal (46) eines Kraftfahrzeugs ist.

12. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlaßseite (24) des Laders (20) und der ihn umgehende Kanal (40) stromauf von dem diesen Kanal (40) sperrenden Ventil (38) miteinander verbunden sind.

13. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasen-

lage von Einlaßventil (14) und Luftsteuerventil (34) stufenlos verstellbar ist.

14. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils (34) veränderbar ist.

15. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5, 6 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils (34) verstellbar ist.

16. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß stromauf vom Luftsteuerventil (34) ein Ladeluftkühler (30) angeordnet ist.

17. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehende Kanal (40) ein Richtungsventil (38) enthält, das nur eine Strömung in Richtung auf das Einlaßventil (14) gestattet.

18. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehende Kanal (40) in Abhängigkeit von der Stellung des Luftsteuerventils (34) sperrbar ist.

19. Verbrennungsmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Einlaßkanal (36) ein die Verbindung zu dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) sperrendes Ventil (38) zugeordnet ist.

20. Verbrennungsmotor nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das dem Einlaßkanal (36a; 36d; 36e) zugeordnete, die Verbindung zu dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40a; 40d; 40e) sperrende Ventil (38a; 38d; 38e), das zugeordnete Luftsteuerventil (34a; 34d; 34e) und das Einlaßventil bzw. die Einlaßventile (14a; 14d; 14b, 14c) der zugeordneten Verbrennungsräume (10a; 10d; 10b, 10c) eng benachbart angeordnet sind.

21. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehende Kanal (40) ein gemeinsam mit dem Luftsteuerventil (62, 66) betätigbares Ventil (62, 70) enthält.

22. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (62, 70) in dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) und das Luftsteuerventil (62, 66) zu einem Mehrwegeventil vereinigt sind.

23. Verbrennungsmotor nach den Ansprüchen 6 und 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Mehrwegeventil ein Dreiwegeventil ist, dessen Anschlüsse (66, 68, 70) mit dem Speicherraum (28), dem Einlaßkanal (36) und dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) verbunden sind.

24. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Luftsteuerventil einen von einem Ventilgehäuse (60) umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal (64) versehenen Rotor (62) umfaßt, wobei dem Verbindungskanal (64) im Ventilgehäuse (60) in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse (66, 68) für den Speicherraum (28) und den Einlaßkanal (36) zugeordnet sind.

25. Verbrennungsmotor nach Anspruch 23, dadurch

gekennzeichnet, daß das Mehrwegeventil einen von einem Ventilgehäuse (60) umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal (64) versehenen Rotor (62) umfaßt, wobei dem Verbindungskanal (64) im Ventilgehäuse in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse (66, 68, 70) für den Speicherraum (28), den Einlaßkanal (36) und den den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) zugeordnet sind.

26. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 24 und 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Schließkante (123) der Verbindung (66, 64, 68) des Speicherraums (28) mit dem Einlaßkanal (36) verstellbar ist.

27. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Kurbelwelle durch Verstellung des Rotors (62) relativ zum Ventilgehäuse (60) veränderbar ist.

28. Verbrennungsmotor nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß zwei als Rotationskörper ausgebildete und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbare Rotoren (130, 132) jeweils mit einem Verbindungskanal (134, 136) versehen und drehbar in einem Ventilgehäuse (138) gelagert sind, wobei ein Verbindungskanal (134) in seiner Öffnungsstellung Anschlüsse (66, 68a) für den Speicherraum (28) und den Einlaßkanal (36) und der andere Verbindungskanal (136) in seiner Öffnungsstellung einen Einlaß (70) und einen Auslaß (68b) für den den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) miteinander verbindet, daß die Phasenlage der Rotoren (130, 142) zueinander veränderbar ist und daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Motorkurbelwelle durch eine Verstellung der Rotoren (130, 132) relativ zum Ventilgehäuse (138) veränderbar ist.

29. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Rotors (62, 130, 132) derart bemessen ist, daß auf zwei Takte des zugeordneten Motorzylinders bzw. der zugeordneten Motorzylinder jeweils eine Ventilöffnung entfällt.

30. Verbrennungsmotor nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Rotors (62, 130, 132) nach Wahl stufenweise halbirbar ist.

31. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 5 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Vierzylinder-Reihen-Viertaktmotor drei Einlaßkanäle (36a, 36b, 36c) vorgesehen sind, von denen ein Einlaßkanal (36b) den beiden mittleren Zylindern gemeinsam zugeordnet ist.

32. Verbrennungsmotor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftsteuerventile (34a, 34b, 34c, 34d) zumindest einer Anzahl von Einlaßkanälen (36a, 36b, 36c, 36d) eines Motors einen gemeinsamen, rohrförmigen, in einem rohrförmigen Gehäuse (60f) drehbar gelagerten, in Abhängigkeit von der Kurbelwellendrehung antreibbaren Rotor (62f) besitzen, dessen Innenraum (160) mit dem Speicherraum (28) verbunden ist, daß am Gehäuse (60f) in axialer Richtung gegeneinander versetzt die Einlaßkanäle (36a, 36b, 36c, 36d) anschließen, daß jedem Einlaßkanal (36a—36d) am Rotor (62f) eine

Ventilöffnung (64a, 64b, 64c, 64d) zugeordnet ist, wobei diese Öffnungen (64a–64d) entsprechend der Zündfolge in Umfangsrichtung versetzt sind, und daß die Phasenlage des Rotors (62f) relativ zur Kurbelwelle verstellbar ist.

5

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

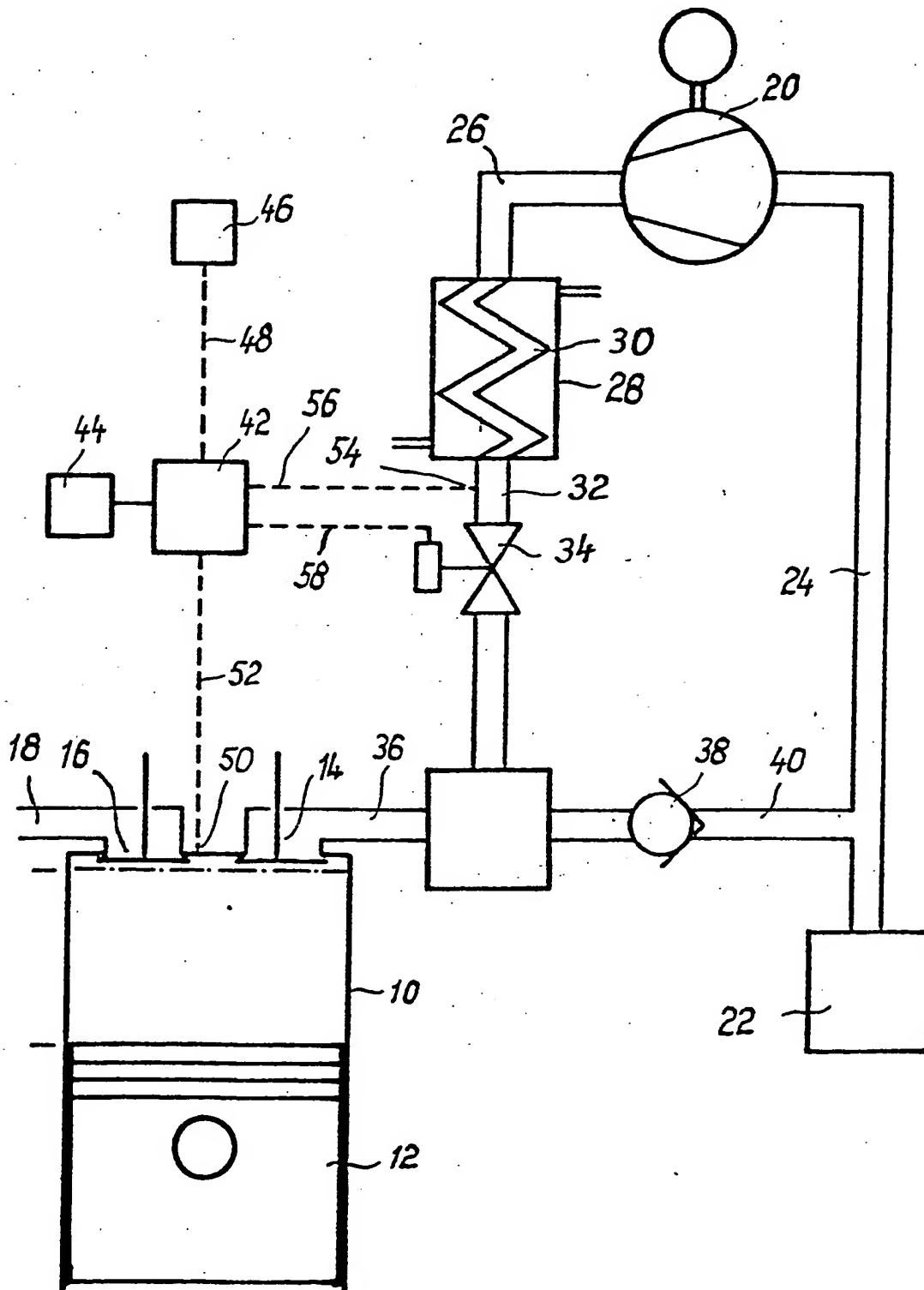
50

55

60

65

Fig. 1



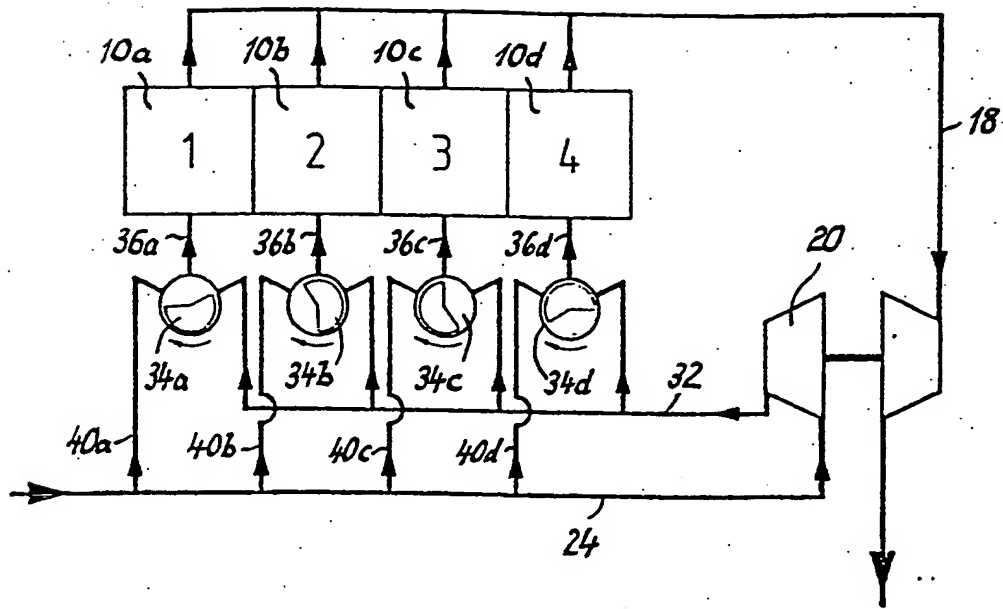
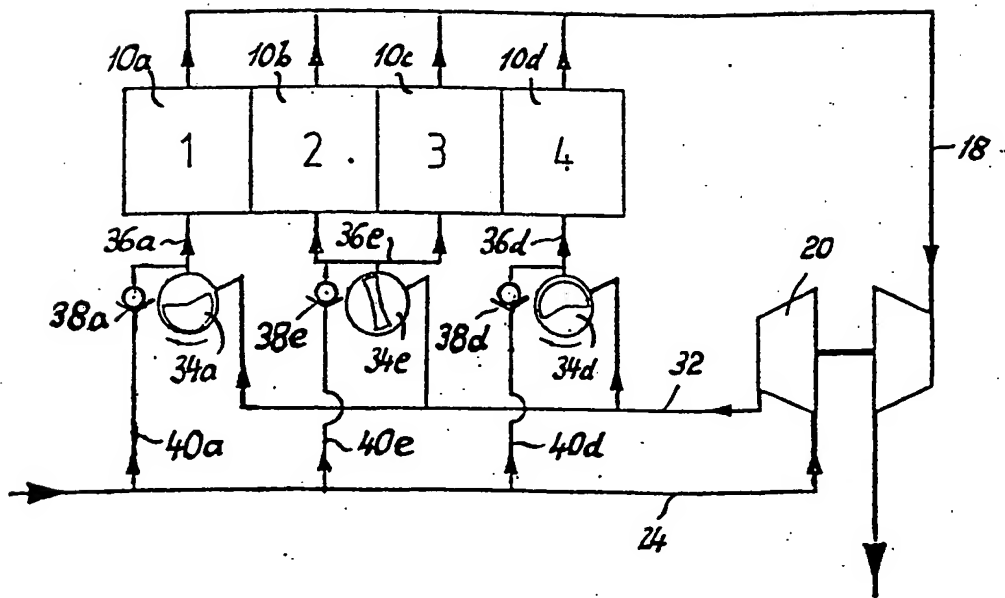


Fig. 2

Fig. 3



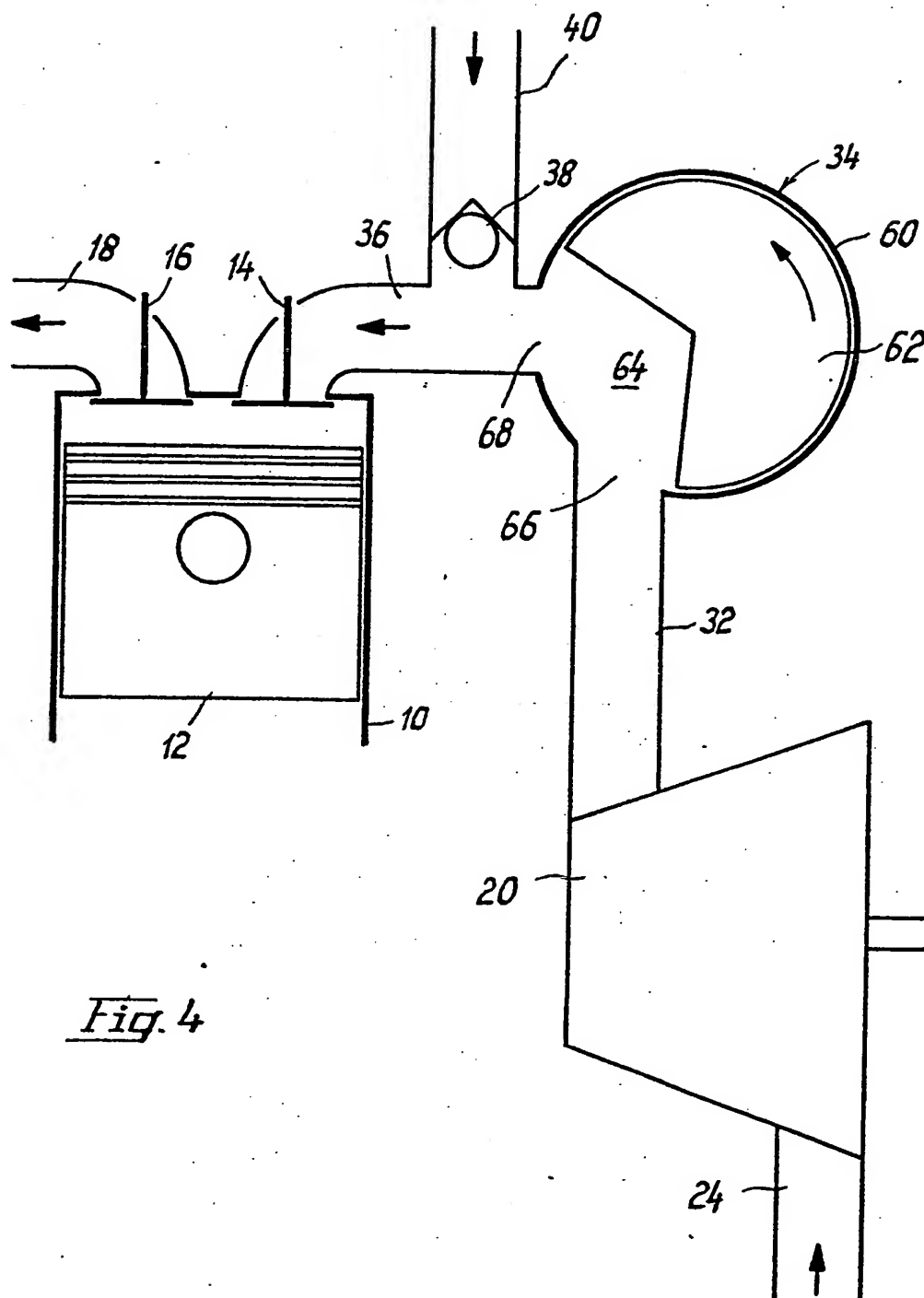


Fig. 4

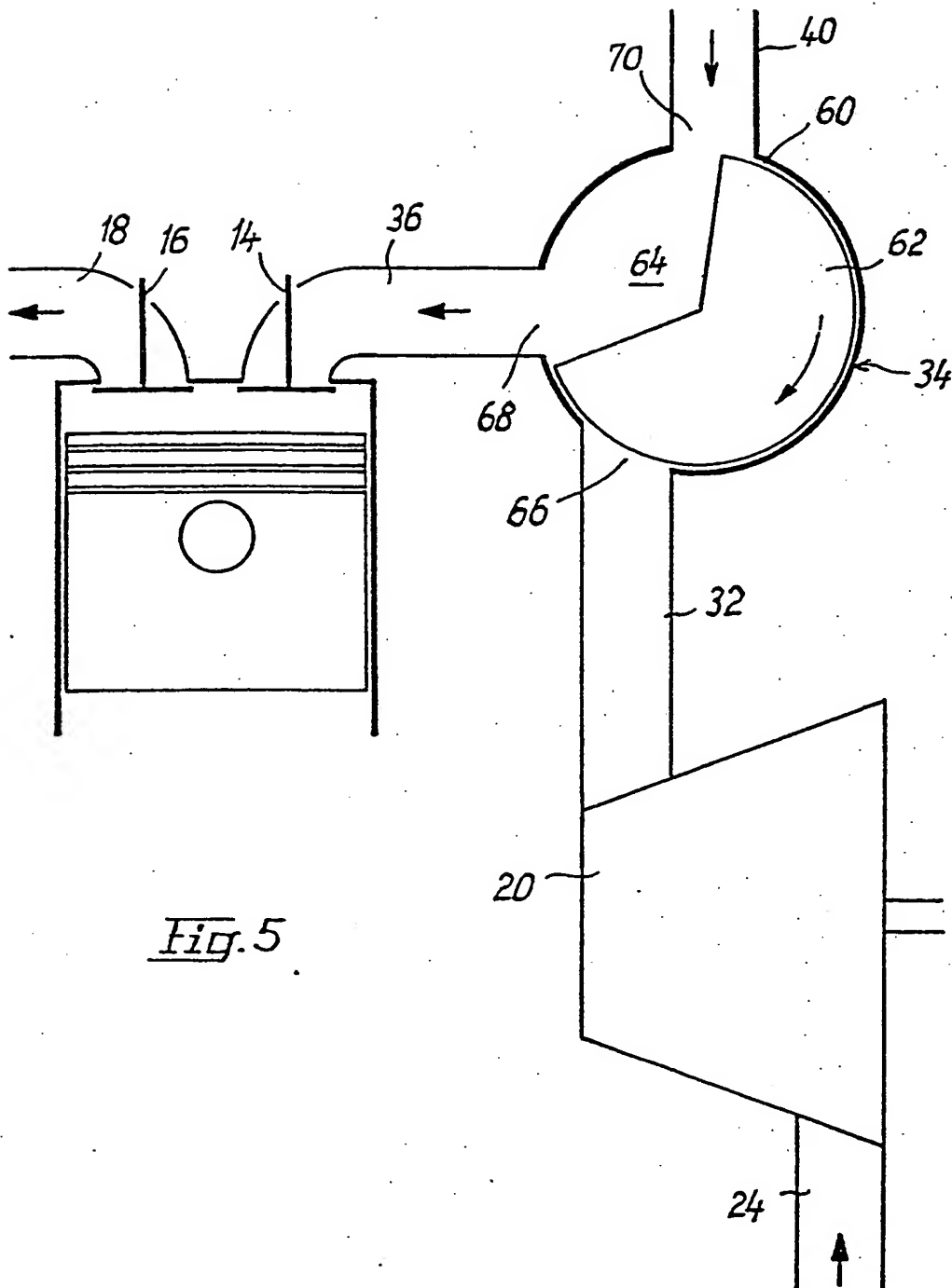
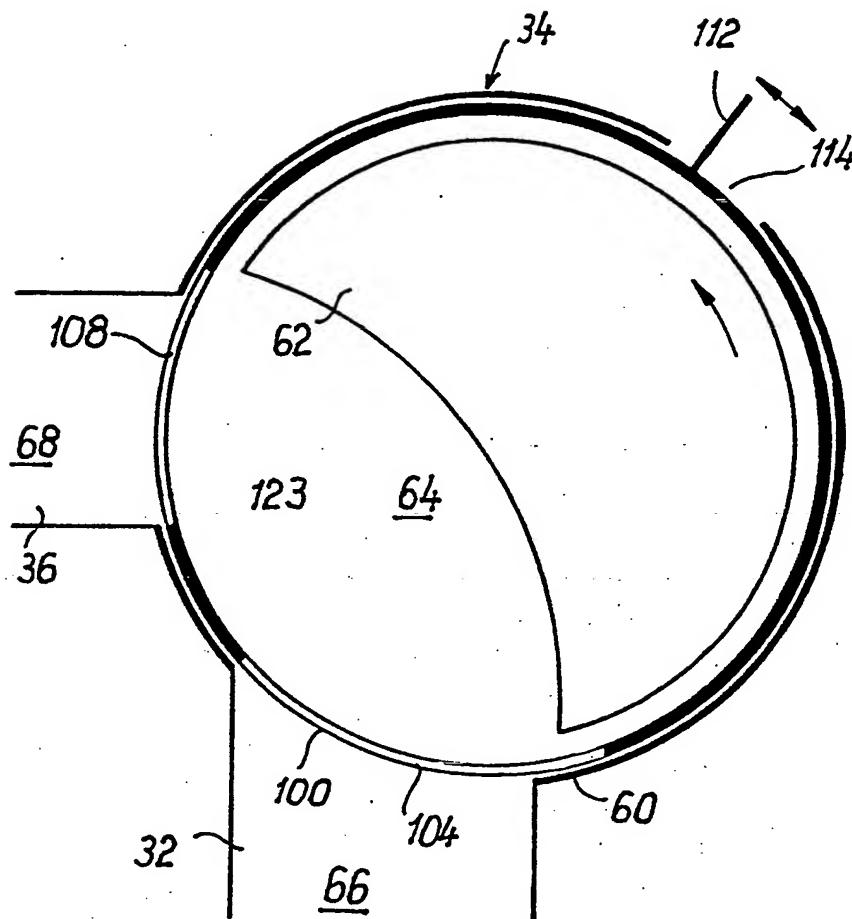


Fig. 5

Fig. 6



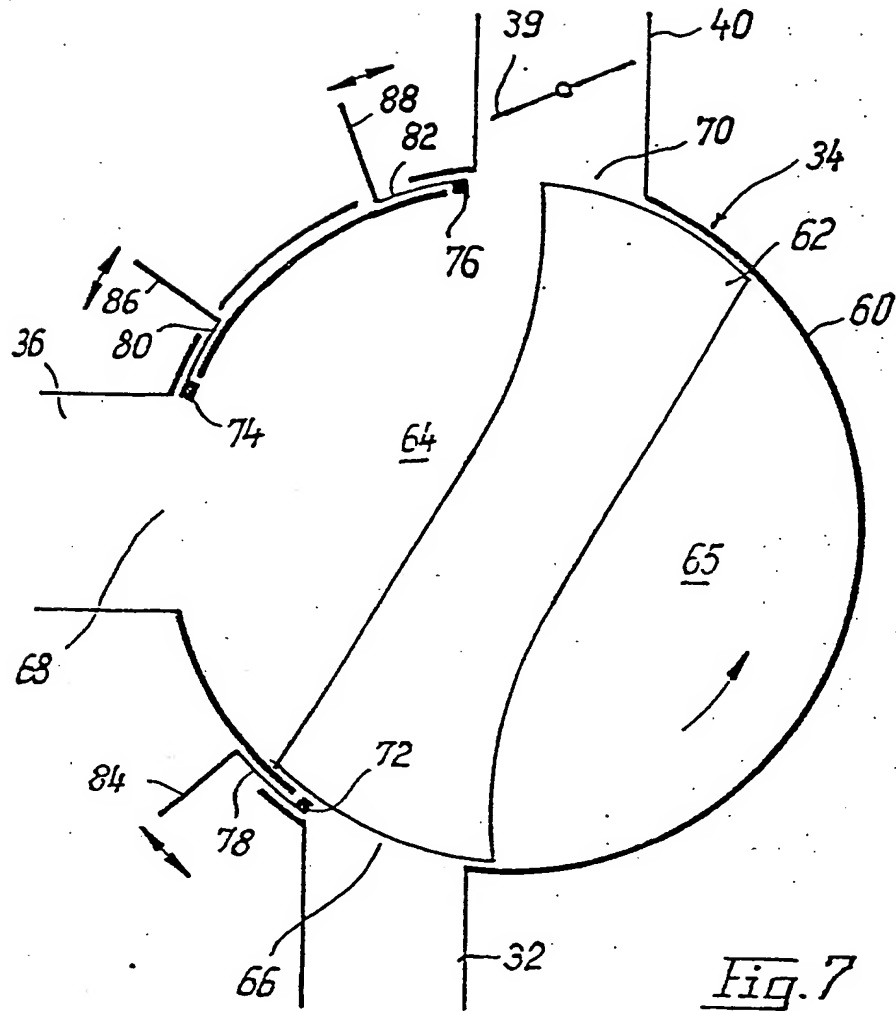


Fig. 7

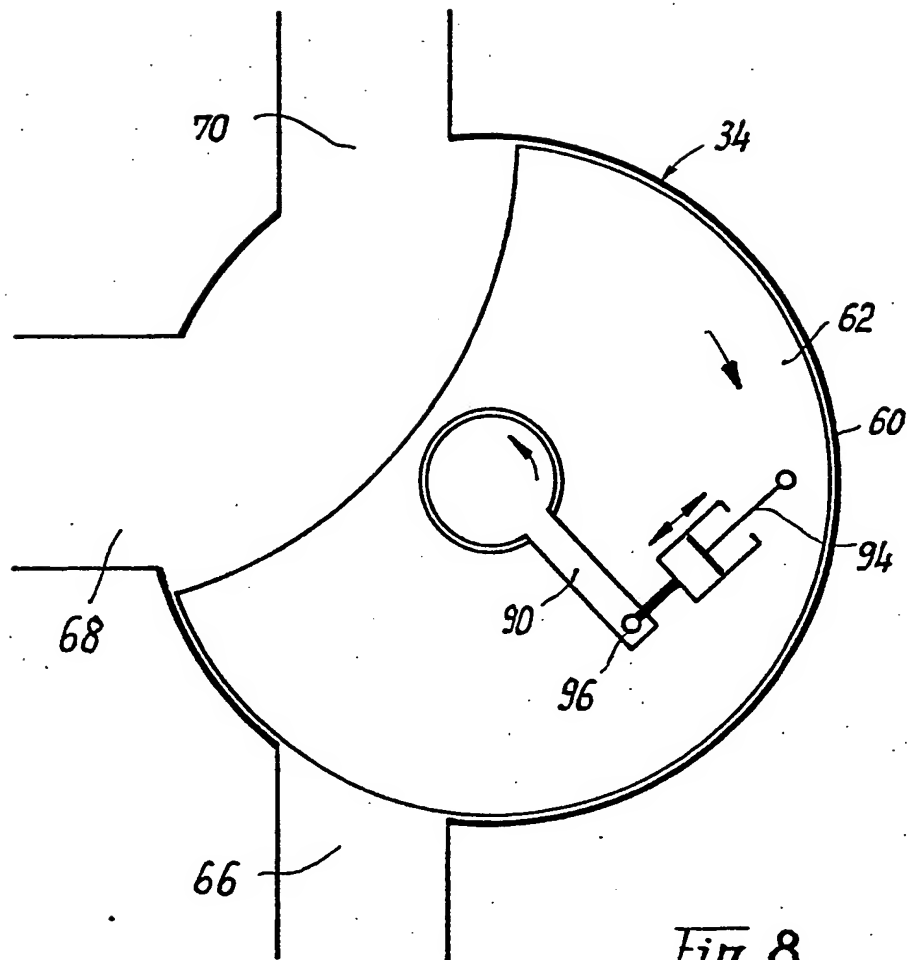


Fig. 8

Fig. 9

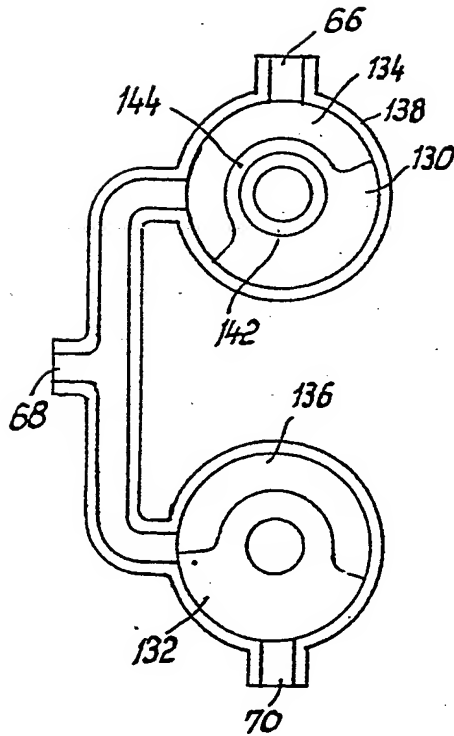
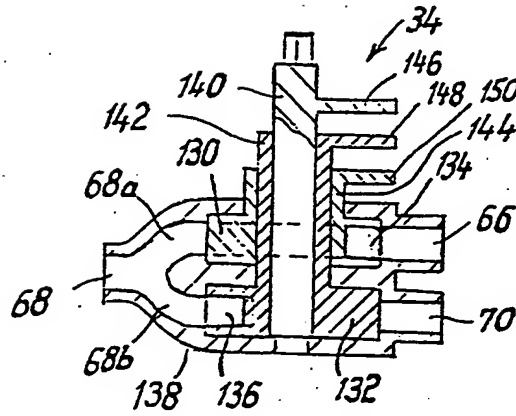


Fig. 10

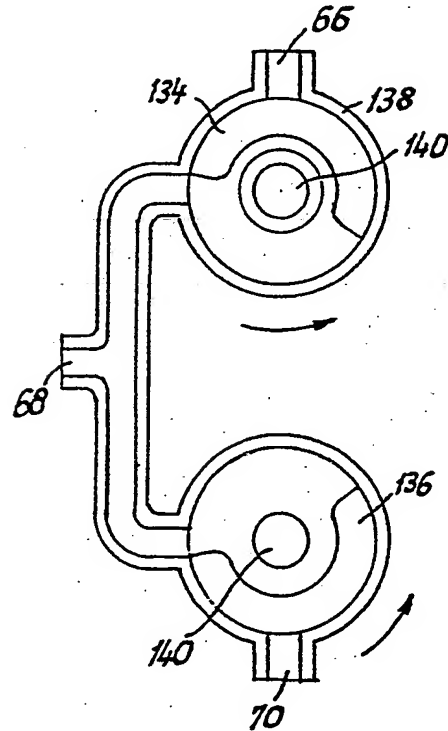


Fig. 11

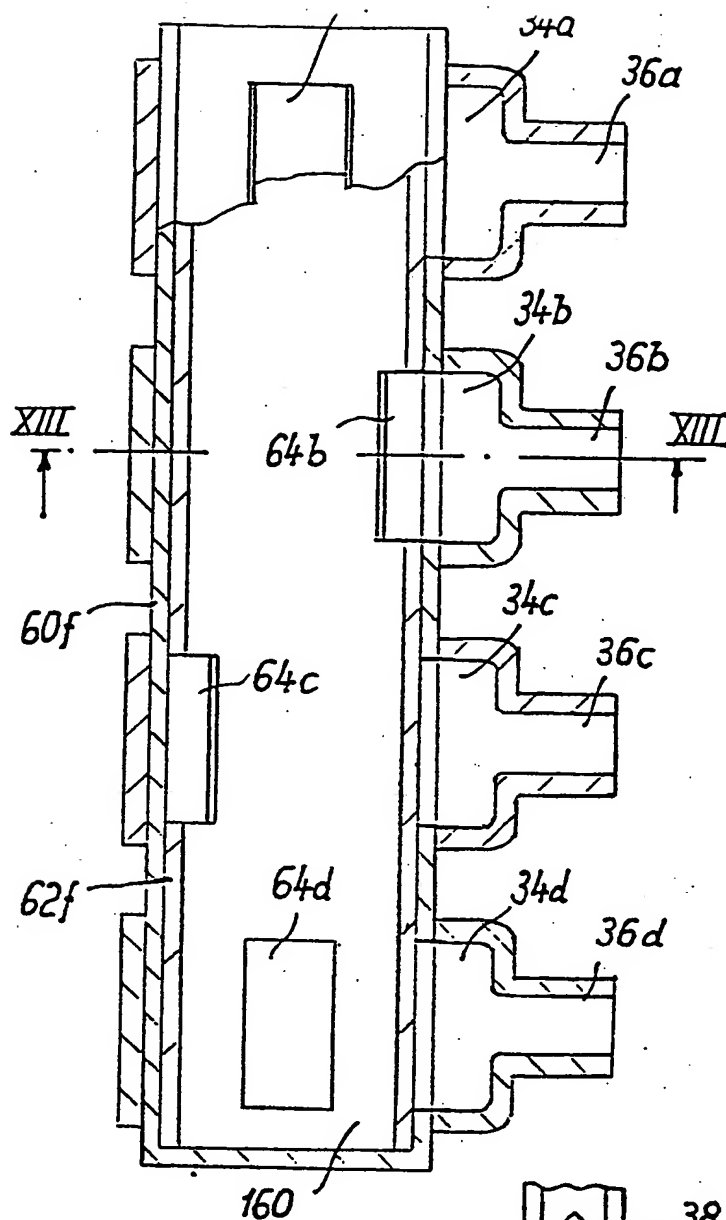


Fig. 12

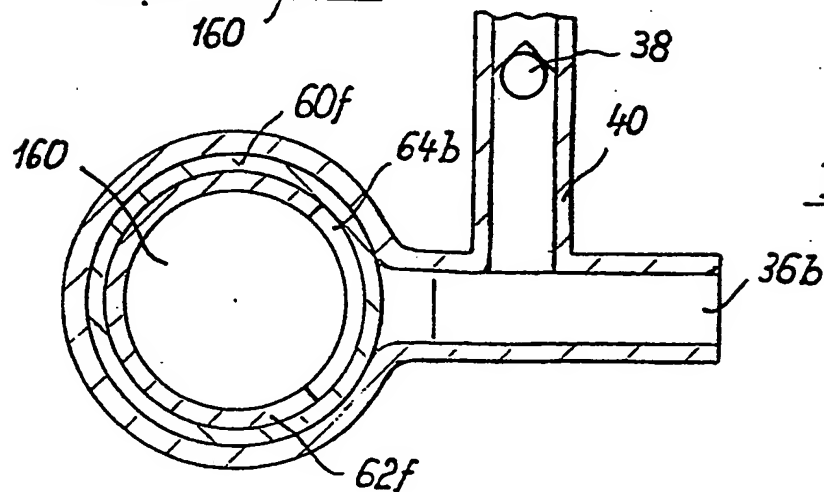


Fig. 13